

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-074762

(43)Date of publication of application : 17.03.1998

(51)Int.Cl. H01L 21/3205  
 C23C 14/14  
 C23C 14/58  
 H01L 21/203  
 H01L 21/285

(21)Application number : 08-249267

(71)Applicant : ULVAC JAPAN LTD

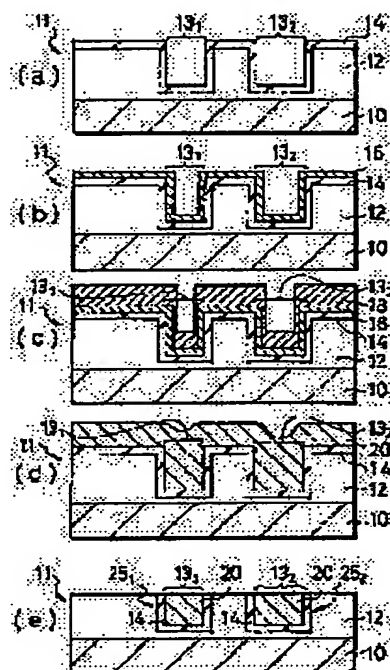
(22)Date of filing : 30.08.1996

(72)Inventor : TAKAHASHI SEIICHI  
 MURATA MASAOKI  
 KUSUMOTO TOSHIO

**(54) COPPER THIN FILM REFLOW METHOD AND MANUFACTURE OF COPPER WIRING****(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a technique capable of obtaining a copper wiring of high reliability at a low cost.

**SOLUTION:** When copper material is filled into recessed parts 131 and 132 cut in a substrate 10 for the formation of a copper wiring, a copper CVD thin film 16 is formed thin on an insulating film 12 through a CVD method, then a copper sputtered thin film 18 is formed thick, and then a heat-treatment is performed. When the copper CVD thin film 16 is turned fluid, the copper-sputtered thin film 18 starts reflowing, thereby copper material is filled in the recessed parts 131 and 132, and thus copper wirings 251 and 252 free from voids are formed. As a thick copper sputtered thin film 20 can be used, the copper wirings 251 and 252 can be lessened in cost.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination] 16.11.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3263611

[Date of registration] 21.12.2001

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-74762

(43)公開日 平成10年(1998)3月17日

(51)Int.Cl. <sup>9</sup>	識別記号	F I	
H01L 21/3205		H01L 21/88	K
C23C 14/14		C23C 14/14	D
14/58		14/58	A
H01L 21/203		H01L 21/203	S
21/285		21/285	C
審査請求 未請求 請求項の数 7 F D (全 7 頁) 最終頁に続く			

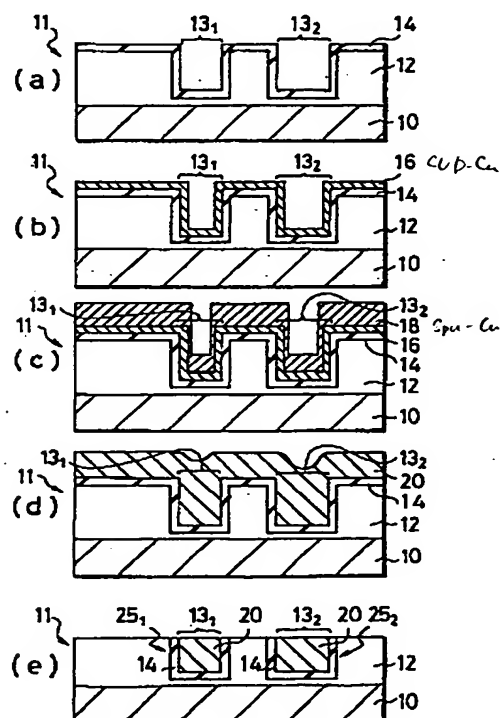
(21)出願番号	特願平8-249267	(71)出願人	000231464 日本真空技術株式会社 神奈川県茅ヶ崎市萩園2500番地
(22)出願日	平成8年(1996)8月30日	(72)発明者	高橋 誠一 神奈川県茅ヶ崎市萩園2500 日本真空技術株式会社内
		(72)発明者	村田 真朗 神奈川県茅ヶ崎市萩園2500 日本真空技術株式会社内
		(72)発明者	楠本 淑郎 神奈川県茅ヶ崎市萩園2500 日本真空技術株式会社内
		(74)代理人	弁理士 石島 茂男 (外1名)

(54)【発明の名称】銅薄膜リフロー方法、銅配線製造方法

(57)【要約】

【課題】 信頼性が高く、安価な銅配線が得られる技術を提供する。

【解決手段】 基板10上に形成された凹部13<sub>1</sub>、13<sub>2</sub>内を銅材料で充填して銅配線を形成する際、絶縁膜12上にCVD法によって銅CVD薄膜16を薄く形成した後、銅スパッタ薄膜18を厚く形成し、熱処理を行う。銅CVD薄膜16が流動する際に、銅スパッタ薄膜18がリフローされるので、凹部13<sub>1</sub>、13<sub>2</sub>内に銅材料が流れ込み、ボイドのない銅配線25<sub>1</sub>、25<sub>2</sub>内が形成される。厚い銅スパッタ薄膜20を用いることができるので、銅配線25<sub>1</sub>、25<sub>2</sub>のコストを低下させられる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上にスパッタリング法によって形成される銅スパッタ薄膜をリフローさせるリ銅薄膜フロー方法であって、

前記銅スパッタ薄膜を低温熱処理で軟化する流動化層上に形成し、熱処理を行うことを特徴とする銅薄膜リフロー方法。

【請求項2】 前記流動化層にCVD法によって形成した銅CVD薄膜を用いることを特徴とする請求項1記載の銅薄膜リフロー方法。

【請求項3】 基板上に形成された絶縁膜の凹部内に銅配線を形成する銅配線製造方法において、請求項1又は請求項2のいずれか1項記載の銅薄膜リフロー方法により、前記凹部内を銅材料で充填することを特徴とする銅配線製造方法。

【請求項4】 前記流動化層を形成する際、前記凹部側面に形成される流動化層が互いに接触しないようにすることを特徴とする請求項3記載の銅配線製造方法。

【請求項5】 前記基板と前記流動化層との間に拡散防止膜を形成することを特徴とする請求項3又は請求項4のいずれか1項記載の銅配線製造方法。

【請求項6】 前記流動化層の厚みよりも前記銅スパッタ薄膜の厚みの方を厚くすることを特徴とする請求項3乃至請求項5のいずれか1項記載の銅配線製造方法。

【請求項7】 前記凹部内に充填された銅材料を残し、他の部分の銅材料を化学的機械研磨法で除去し、前記凹部内に充填された銅材料で銅配線を形成することを特徴とする請求項3乃至請求項6のいずれか1項記載の銅配線製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、絶縁膜表面の微細な凹部に銅材料を充填して銅配線を形成する技術にかかり、特に、銅スパッタ薄膜のリフロー技術に関する。

## 【0002】

【従来の技術】現在、半導体集積回路では、加工の容易性等から、主にアルミニウム(Al)を主成分とする電極配線材料が使用されている。

【0003】しかし、アルミニウムで形成した電極配線は、エレクトロマイグレーションやストレスマイグレーションに対する耐性が弱いため、半導体集積回路の微細化が進むに連れ、不良が多発して問題となっている。

【0004】そこで従来より、アルミニウムを主成分とする電極配線材料に替え、エレクトロマイグレーションやストレスマイグレーションに対する耐性が高いタングステン(W)やモリブデン(Mo)を用いることが提案されている。しかし、それらの材料はアルミニウムに比較して抵抗値が大きいため、微細な配線パターンに適用した場合には、大きな電圧降下による信号遅延が新たな問題として生じている。

【0005】その解決のため、抵抗値が小さく、しかもエレクトロマイグレーション耐性やストレスマイグレーション耐性に優れた銅(Cu)を電極配線材料として用いることが検討されているが、銅薄膜はドライエッチングによるパターン加工が行えないことから、現在、CMP(化学的機械研磨法)を用いた銅配線製造方法が有望視されるに到っている。

【0006】そのようなCMP法を用いた従来技術の銅配線製造工程を説明する。図3(a)の符号111は配線対象物であり、基板110と、基板110上に形成された絶縁膜112と、絶縁膜112にドライエッチング法によって形成された凹部113<sub>i</sub>、113<sub>j</sub>と、その表面に全面成膜された拡散防止膜(バリアメタル)114とを有している。

【0007】拡散防止膜114は、凹部113<sub>i</sub>、113<sub>j</sub>の側面にも形成されており、その拡散防止膜114上にCVD法によって銅CVD薄膜116を形成した後(同図(b))、CMP法によって表面を研磨すると、凹部113<sub>i</sub>、113<sub>j</sub>内が銅CVD薄膜116を構成していた銅材料で充填され、銅配線125<sub>i</sub>、125<sub>j</sub>が形成される(同図(c))。

【0008】そのようなCMP法による銅配線製造方法の際にCVD法を用いるのは、CVD法によれば銅が等方的に成長し、凹部113<sub>i</sub>、113<sub>j</sub>内を完全に銅材料で充填できるからである。

【0009】図4に示すように、基板130上の絶縁物132に凹部133<sub>i</sub>、133<sub>j</sub>を形成し、その表面の拡散防止膜134上にスパッタリング法を用いて銅スパッタ薄膜136を形成する場合には、凹部133<sub>i</sub>、133<sub>j</sub>の開口端で、銅スパッタ薄膜にオーバーハング140<sub>i</sub>、140<sub>j</sub>が生じてしまう。

【0010】そのようなオーバーハング140<sub>i</sub>、140<sub>j</sub>が成長した場合には、特に、高アスペクト比の凹部133<sub>i</sub>内が銅材料で充填される前に、その部分で閉塞し、空洞141が発生してしまうという不都合がある。

【0011】このようなオーバーハング140<sub>i</sub>、140<sub>j</sub>や空洞141の発生は、銅スパッタ薄膜ばかりでなく、スパッタリング法によって形成されるアルミニウム薄膜にも生じるが、アルミニウムスパッタ薄膜の場合は、400℃～450℃という低温で加熱処理を行うことにより容易に流動化し、空洞内部をアルミニウム材料で充填できることが知られており(リフロー技術)、問題視されることは少ない。

【0012】ところが、銅スパッタ薄膜の場合には、アルミニウムスパッタ薄膜と異なって、熱処理を行っても容易には流動化しない。例えば、TiN膜上に形成された銅スパッタ薄膜を1.0Torrの水素雰囲気下、450℃の熱処理を30分間行っても流動化は観察されない。従って、従来は、1.5を超える高アスペクト比の凹部内は銅スパッタ薄膜の銅材料で充填することができな

10

20

30

40

50

った。

【0013】このように、従来技術では高アスペクト比の凹部内を銅スパッタ薄膜で充填させることができないため、CVD法によって形成した銅CVD薄膜によって凹部内を銅材料で充填せざるを得なかった。

【0014】しかしながら銅CVD薄膜の原料は、一般的に熱や水分に対して不安定であり、分解し易いという問題がある。また、形成条件によっては、膜中に不純物が多く、信頼性が低い場合もある。

【0015】更に、銅CVD薄膜を製造するための原料ガスは高価であり、しかも、CVD法による銅薄膜の成長速度はスパッタリング法の約1/10程度と遅いため、効率が悪く、銅配線のコスト高を招いていた。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、上記従来技術の不都合を解決するために創作されたもので、その目的は、スパッタリング法を用いて銅配線を形成できる技術を提供することにある。

【0017】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、請求項1記載の発明は、基板上にスパッタリング法によって形成される銅スパッタ薄膜をリフローさせる銅薄膜リフロー方法であって、前記銅スパッタ薄膜を低温熱処理で軟化する流動化層上に形成し、熱処理を行うことを特徴とする。

【0018】前記流動化層については、請求項2記載の発明のように、CVD法によって形成した銅CVD薄膜を用いることができる。

【0019】他方、請求項3記載の発明は、基板上に形成された絶縁膜の凹部内に銅配線を形成する銅配線製造方法において、請求項1又は請求項2のいずれか1項記載の銅薄膜リフロー方法により、前記凹部内を銅材料で充填することを特徴とする。

【0020】この場合、請求項4記載の発明のように、前記流動化層を形成する際、前記凹部側面に形成される流動化層が互いに接触しないようにするとよい。

【0021】また、請求項5記載の発明のように、前記基板と前記流動化層との間に拡散防止膜を形成することもできる。

【0022】このような銅配線製造方法では、請求項6記載の発明のように、前記流動化層の厚みよりも前記銅スパッタ薄膜の厚みの方を厚くすることができる。

【0023】以上説明した請求項3乃至請求項6のいずれか1項記載の銅配線製造方法では、請求項7記載の発明のように、前記凹部内に充填された銅材料を残し、他の部分の銅材料を化学的機械研磨法で除去し、前記凹部内に充填された銅材料で銅配線を形成することができる。

【0024】一般に、金属薄膜の形成に広く用いられているスパッタリング法では、ターゲットから飛来してき

たスパッタリング粒子の堆積によって薄膜が形成されるため、凹部内部に比べてスパッタリング粒子が付着しやすい凹部開口端にオーバーハングが生じ、内部に空洞が形成され易い。

【0025】このような問題は、アルミニウム薄膜では、成膜後、400℃～450℃に加熱してアルミニウム薄膜を凹部内に流し込み、オーバーハングや空洞を消滅させるリフロー技術によって解決されている。そこで、絶縁膜に設けられた凹部内に、拡散防止膜であるTiN膜を予め形成しておき、その表面にスパッタリング法を用いて銅スパッタ薄膜を形成し、1.0Torrの水素雰囲気中で450℃、1時間の熱処理を行い、銅スパッタ薄膜のリフローを行おうとしたが、銅スパッタ薄膜の流動化は観察されず、アスペクト比1.5以上の凹部を銅材料で充填することはできなかった。

【0026】そこで、銅スパッタ薄膜を用いて高アスペクト比の凹部内に銅配線を形成させるために種々の実験を行ったところ、本発明の発明者等は、CVD法によって形成した銅CVD薄膜上に銅スパッタ薄膜を形成した場合には、600℃以下の低温に加熱するだけでリフローを行えることを見出した。

【0027】その理由を調査したところ、上述した場合に銅スパッタ薄膜のリフローを行えたのは、CVD法によって等方的(コンフォーマル)に成長された銅CVD薄膜が熱処理により軟化し、流動したためであることが分かった。

【0028】本発明は上記知見に基づいて創作されたものである。即ち、上記事実に基けば、先ず、低温熱処理で容易に軟化し、流動化する流動化層を形成し、その流動化層上に銅スパッタ薄膜を形成した後、熱処理を行うと、流動化層が流動する際に銅スパッタ薄膜をリフローさせることができることになる。

【0029】このような流動化層には銅CVD薄膜を用いることが可能であり、更に、基板上に形成され、凹部が設けられた絶縁膜上に銅スパッタ薄膜を形成し、凹部を銅材料で充填して銅配線を形成する場合には、そのような銅スパッタ薄膜のリフローを行えばよい。

【0030】そのような凹部内に銅配線を形成する場合にも、CVD法によって形成した銅CVD薄膜が低温の熱処理により容易に流動化して凹部内に流れ込むことから、銅CVD薄膜を流動化層に用いることが可能である。

【0031】但し、その流動化層を形成する際に、一旦凹部内に空洞が形成された場合には、リフローを行っても空洞は容易には消滅しない。従って、凹部側面に形成される流動化層は、互いに接触しないようにしておき、空洞が形成されないようにするとよい。

【0032】以上のように銅スパッタ薄膜をリフローさせ、凹部内を銅材料で充填した後、凹部外の部分の銅材料を化学的機械研磨法で除去すると、凹部内に充填され

た銅材料によって銅配線を形成することが可能となる。

【0033】なお、銅スパッタ薄膜により凹部内を充填する場合には、基板と流動化層との間に拡散防止膜を形成し、銅の拡散を防止することが望ましい。

【0034】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態を図面を用いて説明する。図1(a)~(e)は、本発明の銅配線製造方法の一例を示す工程図であり、符号11は配線対象物を示している。

【0035】その配線対象物11は、シリコン基板10と、該シリコン基板10上に形成されたシリコン酸化膜から成る絶縁膜12と、絶縁膜12に設けられた凹部13<sub>i</sub>、3<sub>j</sub>と、絶縁膜12表面に全面成膜された拡散防止膜14を有している。

【0036】絶縁膜12は膜厚1.0μmに形成され、凹部13<sub>i</sub>は、幅0.5μmの細溝形状にされており、また、凹部13<sub>j</sub>は凹部13<sub>i</sub>よりも幅の広い細溝形状に形成されている。拡散防止膜14は、基板・ターゲット間距離を200mmとした遠距離スパッタ法により形成された膜厚700ÅのTiN薄膜によって構成されており、該拡散防止膜14は、各凹部13<sub>i</sub>、13<sub>j</sub>内の側面にも形成されている。

【0037】そのような配線対象物11を、図2の符号52で示す銅薄膜製造装置の搬出入室61内に装着した。

【0038】この銅薄膜製造装置52は、搬送室60を中心として、その周囲に、搬出入室61と、CVD室62と、スパッタ室63と、アニーリング室64とが配置されて構成されており、搬出入室61内に上述の配線対象物11を納め、真空排気した後、搬送室60内に配置された搬送ロボット71のアーム72を用いて、搬出入室61からCVD室62内へ搬送した。

【0039】このCVD室62内に配線対象物11が搬入された後、銅・ヘキサフルオロアセチルアセトン・ヒニルトリメチルシラン(Hexafluoroacetylacetonate Cu(I) vinyltrimethylsilane)([Cu(hfac)(vtms)]と略す)を主成分とする原料ガスを導入し、基板温度170℃、成膜圧力1.0Torr、水素キャリア流量600sccm、原料ガス[Cu(hfac)(vtms)]供給量0.5g/分の成膜条件で5分間銅の成長を行ったところ、膜厚1000Åの銅CVD薄膜16が得られた(同図(b))。膜厚1000Åに形成したのは、高アスペクト比の凹部13<sub>i</sub>内の側面に形成された銅CVD薄膜16は接触しないようにするためである。

【0040】一般に、凹部の幅をW、膜厚をDとした場合、膜厚Dが次式、 $D < W/2$

を満たせば、凹部の側面に形成された銅CVD薄膜は互いに接触しない。但し、銅CVD薄膜の表面は滑らかでないため、銅CVD薄膜の突起部分が接触し、空洞を形

成してしまわないように、余裕を持って銅の成長を停止させる必要がある。

【0041】次いで、その銅CVD薄膜16が形成された配線対象物11をCVD室62からスパッタ室63に搬送し、銅ターゲットとの距離を300mmにしてスパッタリングを行って銅CVD薄膜16上に銅を堆積させ、膜厚6000Åの銅スパッタ薄膜18を形成した(同図(c))。このときの成膜速度約1500Å/分であった。

【0042】銅スパッタ薄膜18が形成された基板11をアニーリング室64に搬送し、水素雰囲気下で450℃、10分間のアニーリング処理(熱処理)を行ったところ銅CVD薄膜16の流動化により、その上に形成されている銅スパッタ薄膜18がリフローされ、表面の平坦な銅リフロー薄膜20が形成された。このとき、凹部13<sub>i</sub>、13<sub>j</sub>内に銅CVD薄膜16と銅スパッタ薄膜18を構成する銅材料が流れ込み、凹部13<sub>i</sub>、13<sub>j</sub>内は、その銅リフロー薄膜20で充填された(同図(d))。

【0043】銅リフロー薄膜20が形成された配線対象物11の表面をCMP法によって研磨したところ、凹部13<sub>i</sub>、13<sub>j</sub>内には銅配線25<sub>i</sub>、25<sub>j</sub>が形成された(同図(e))。

【0044】このように、銅CVD薄膜上に銅スパッタ薄膜を形成した後熱処理を行うと、拡散防止膜上に形成した銅スパッタ薄膜ではリフローを起こさない低温でも十分にリフローし、深さ1.0μm、溝幅0.5μmの溝状の凹部13<sub>i</sub>を銅材料で効率よく埋め込むことができた。

【0045】以上は、溝幅0.5μmの凹部内に空洞が形成されないようにするために、銅CVD薄膜16の膜厚を1000Åにした場合を説明したが、500Åと薄い銅CVD薄膜でも、同様に、その上に形成した銅スパッタ薄膜によって凹部13<sub>i</sub>内に銅配線を形成できている。

【0046】他方、銅CVD薄膜を3000Å程度の膜厚にした場合でも、その上に形成された銅スパッタ薄膜はリフローすることは確認している。但し、銅CVD薄膜を厚く形成した場合には、高アスペクト比の凹部13<sub>i</sub>内は銅CVD薄膜だけで充填されてしまう。従って、そのように厚い銅CVD薄膜上に銅スパッタ薄膜を形成した後熱処理を行い、銅リフロー薄膜を形成した場合には、高アスペクト比の凹部13<sub>i</sub>内は銅CVD薄膜の銅材料で充填され、低アスペクト比の凹部13<sub>j</sub>内は銅CVD薄膜の銅材料と銅スパッタ薄膜の銅材料とで充填される。但し、銅CVD薄膜は薄いほどコスト的には有利であり、銅CVD薄膜の膜厚よりも銅スパッタ薄膜の膜厚を厚くすることが望ましい。

【0047】なお、銅スパッタ薄膜をリフローしても内部を銅材料で充填できない場合には、その表面に再度銅スパッタ薄膜を形成することも可能である。

【0048】以上は絶縁膜中に形成した凹部13<sub>1</sub>、13<sub>2</sub>が細溝形状の場合について説明したが、凹部の形状はそのような細溝形状に限定されるものではない。また、拡散防止膜14の下には絶縁膜12があり、凹部13<sub>1</sub>、13<sub>2</sub>底面の拡散防止膜14と基板10表面とは接触しておらず、銅配線25<sub>1</sub>、25<sub>2</sub>と基板とは電氣的に絶縁されていたが、凹部13<sub>1</sub>、13<sub>2</sub>の底面部分の拡散防止膜14が基板10上に直接形成されているものも本発明に含まれる。即ち、基板表面が露出するコンタクトホールや、下層の金属配線表面が露出するビアホール上にも必要に応じて拡散防止膜を形成し、本発明方法を用いることができる。

【0049】上記実施例は、その拡散防止膜にTiNを用いたが、本発明に用いることができる拡散防止膜はそれに限定されるものではない。絶縁膜や酸化膜中への銅の拡散を防止できる薄膜で、例えば、TiW、Ta、Mo、W等の高融点金属や、それら高融点金属の化合物を用いることができる。それらの単層膜で拡散防止膜を構成してもよく、多層膜を形成して拡散防止膜を構成してもよい。

【0050】また、本発明に言う絶縁膜はシリコン酸化膜に限定されるものではなく、窒化シリコン膜等の各種絶縁性薄膜が含まれる。銅CVD薄膜や銅スパッタ薄膜については、銅を主成分とする金属薄膜や金属材料を広く含む。例えば、CVD法によって銅を成長させる際に、他の金属を含有するガスを添加し、特性を改善させた銅CVD薄膜が含まれる。また、他の元素が添加された銅合金等をスパッタリングすることにより形成される銅スパッタ薄膜や、添加ガスを導入するスパッタリング法によって形成された銅スパッタ薄膜も本発明に含まれる。基板についてもシリコン基板に限定されるものではない。

【0051】更にまた、銅を成長させるCVD法については、基板温度を170℃にする場合に限定されるものではない。但し、本実施例で用いた銅薄膜の原料ガスでは、高温になると成膜反応が供給律速状態となり、等方

的な銅薄膜の成長を行えなくなるので、180℃以下の基板温度でCVD法を行うことが望ましい。

【0052】銅スパッタ薄膜をリフローさせる際の温度は、上述した450℃、10分に限定されるものではない。高温で行った場合、短時間でリフローが終了し、コスト面からは望ましいが、絶縁膜や基板中に銅が拡散しない温度で行う必要がある。拡散防止膜としてTiNを用いた場合、600℃を超える温度になるとバリア性が低下してしまうので、その温度以下にする必要がある。また、TiN膜等の拡散防止膜は、膜質によっては600℃以下の温度でバリア性が低下してしまう場合があるため、温度範囲としては300℃以上450℃以下が実用的である。

【0053】そのようなアニール処理を行う際の雰囲気については、必ずしも水素ガス雰囲気に限定されるものではない。例えば真空中で加熱するだけでも銅CVD薄膜を流動化させることができる。

【0054】

【発明の効果】アスペクト比の高い凹部でもスパッタ法によって銅配線を形成することができる。低コストで信頼性の高い銅配線を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】(a)～(e)：本発明の一例の製造工程を説明するための図

【図2】その製造工程に用いることができる銅薄膜製造装置の一例

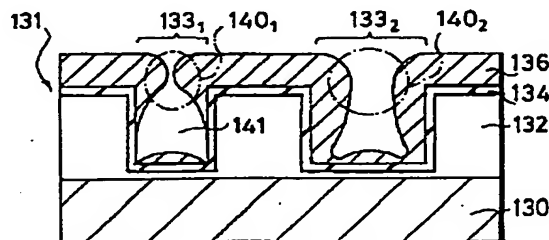
【図3】(a)～(c)：従来技術の銅配線製造方法の工程を説明するための図

【図4】スパッタ薄膜のオーバーハングを説明するための図

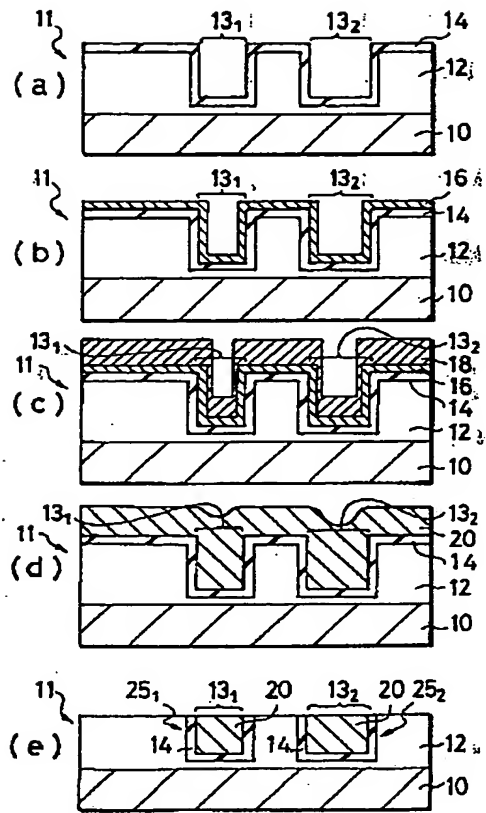
【符号の説明】

10……基板      12……絶縁膜      13<sub>1</sub>、13<sub>2</sub>……凹部  
14……拡散防止膜      16……銅CVD薄膜  
18……銅スパッタ薄膜      20……銅リフロー薄膜  
25<sub>1</sub>、25<sub>2</sub>……銅配線

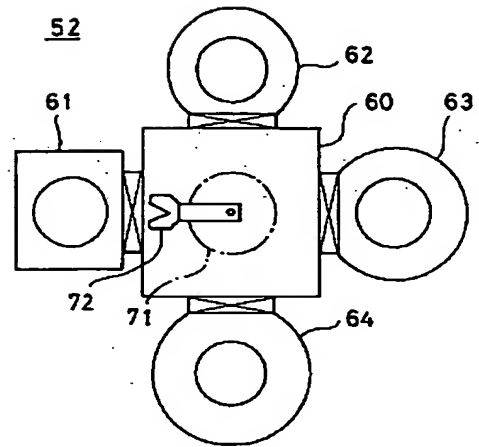
【図4】



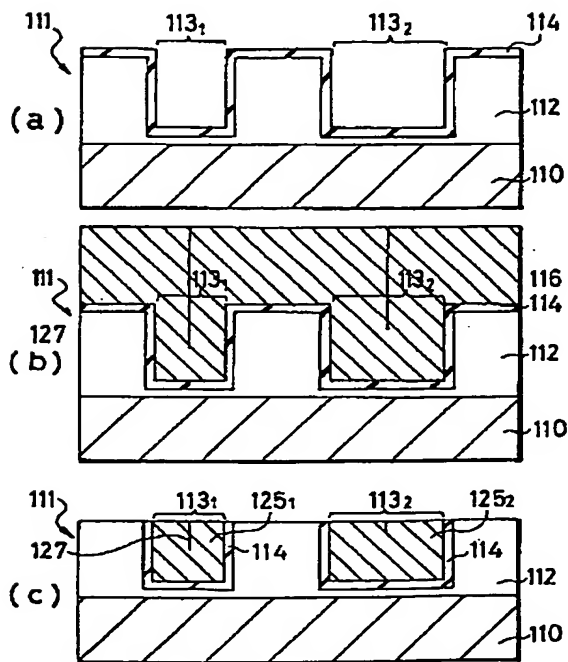
【図 1】



【図 2】



【図 3】





フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

S